

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平 8-505707

(43) 公表日 平成8年(1996)6月18日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I
G 0 2 B	6/122		
H 0 1 P	3/16	4241-5 J	
		8809-2 K	G 0 2 B 6/12 A

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 3 7 頁)

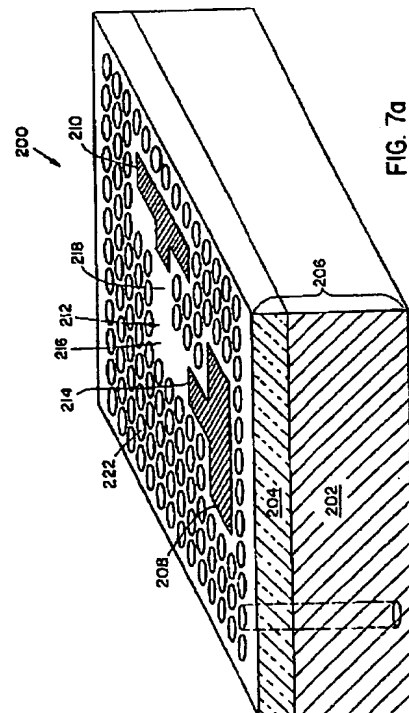
(21) 出願番号 特願平6-516248
 (86) (22) 出願日 平成6年(1994)1月7日
 (85) 翻訳文提出日 平成7年(1995)7月10日
 (86) 国際出願番号 PCT/US94/00285
 (87) 国際公開番号 WO94/16345
 (87) 国際公開日 平成6年(1994)7月21日
 (31) 優先権主張番号 08/002, 430
 (32) 優先日 1993年1月8日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, JP

(71) 出願人 マサチューセッツ・インスチテュート・オブ・テクノロジー
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州02139ケンブリッジ・マサチューセッツアベニュー77
 (72) 発明者 ミード, ロバート
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州02143サマービル・パークリーストリート54
 (72) 発明者 ジョアノポーロス, ジョン
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州02178ベルモント・ダグラスロード64
 (72) 発明者 アラーハンド, オスカー・エル
 アメリカ合衆国ニュージャージー州07746マールボロ・ウェザーバインウェイ10
 (74) 代理人 弁理士 小田島 平吉

(54) 【発明の名称】 低損失光及び光電子集積回路

(57) 【要約】

光集積回路、特に、光導波管におけるベンドに付随した放射損を実質的に除去するための光回路と方法が開示される。回路と導波管は、周期誘電構造を有する基板において作製される。周期誘電構造は、構造に伝搬しない電磁放射線の周波数範囲を示す。周波数範囲は、光帯ギャップ又は周波数帯ギャップとして公知である。構造の周波数帯ギャップ内の周波数における放射線は、回路と導波管を取り囲む周期誘電構造によって回路と導波管内に閉じ込められる。放射損は、実質的に除去される。



【特許請求の範囲】

1. 光集積回路において放射損を縮小する方法において、
基板を設けることと、
基板において又は基板上に光集積回路を形成することと、
光集積回路に近接する該基板の領域に、領域を通して伝搬するのを実質的に防止
される電磁放射線の周波数帯を規定する周波数帯ギャップを形成することとを具
備する方法。

2. 光集積回路が、周波数帯ギャップを有する領域を具備する請求の範囲1に
記載の方法。

3. 光集積回路が、レーザーを具備する請求の範囲1に記載の方法。

4. 光集積回路が、検出器を具備する請求の範囲1に記載の方法。

5. 光集積回路が、フィルターを具備する請求の範囲1に記載の方法。

6. 光集積回路が、変調器を具備する請求の範囲1に記載の方法。

7. 光集積回路が、電力分配器を具備する請求の範囲1に記載の方法。

8. 光集積回路が、パワーコンバイナーを具備する請求の範囲1に記載の方法

。

9. 光集積回路が、スイッチを具備する請求の範囲1に記載の方法。

10. 領域を形成する段階が、基板において周期誘電構造を形成することを含
む請求の範囲1に記載の方法。

11. 周期誘電構造が、2次元周期誘電構造である請求の範囲10に記載の方
法。

12. 周期誘電構造が、3次元周期誘電構造である請求の範囲10に記載の方
法。

13. 基板が、半導体材料を具備する請求の範囲1に記載の方法。

14. 領域を形成する段階が、基板において空けき領域の周期パターンを形成
することを含む請求の範囲1に記載の方法。

15. 光導波管に付随した放射損を縮小する方法において、
基板を設けることと、

基板において又は基板上に光導波管を形成することと、
該導波管に近接する該基板の領域に、領域を通して伝搬するのを実質的に防止される電磁放射線の周波数帯を規定する周波数帯ギャップを形成することとを具備する方法。

16. 導波管が、ベンドを具備する請求の範囲15に記載の方法。

17. 導波管が、テーパーを具備する請求の範囲15に記載の方法。

18. 領域を形成する段階が、基板において周期誘電構造を形成することを含む請求の範囲15に記載の方法。

19. 周期誘電構造が、2次元周期誘電構造である請求の範囲18に記載の方法。

20. 周期誘電構造が、3次元周期誘電構造である請求の範囲18に記載の方法。

21. 基板が、半導体材料を具備する請求の範囲15に記載の方法。

22. 領域を形成する段階が、基板において空けき領域の周期パターンを形成することを含む請求の範囲15に記載の方法。

23. 光導波管を形成する段階が、周波数帯ギャップを有する領域が基板の特定部分において形成されるのを防止することを含み、基板の該特定部分は光導波管である請求の範囲15に記載の方法。

24. 光導波管を形成する段階が、基板に材料を拡散することを含み、該材料は、基板の屈折率よりも高い屈折率を有する請求の範囲15に記

載の方法。

25. 光導波管を形成する段階が、基板の表面に材料を堆積することを含み、該材料は、基板の屈折率よりも高い屈折率を有する請求の範囲15に記載の方法。

26. 光導波管を形成する段階が、基板の表面において2つのほぼ平行なトレンチを形成することを含み、該トレンチがそれらの間に材料のチャネルを規定し、材料の該チャネルが、光導波管である請求の範囲15に記載の方法。

27. 領域を通して伝搬するのを実質的に防止される電磁放射線の周波数帯を

規定する周波数帯ギャップを有する領域を有する基板と、
周波数帯ギャップ内の周波数を有する光回路部品からの放射線が、基板に伝搬するのを実質的に防止される如く、周波数帯ギャップを有する領域に近接する基板上又は基板において形成された少なくとも一つの光回路部品とを具備する光回路。

28. 光回路部品が、周波数帯ギャップを有する領域を具備する請求の範囲 27 に記載の光回路。

29. 光回路部品が、レーザーである請求の範囲 27 に記載の光回路。

30. 光回路部品が、検出器である請求の範囲 27 に記載の光回路。

31. 光回路部品が、フィルターである請求の範囲 27 に記載の光回路。

32. 光回路部品が、変調器である請求の範囲 27 に記載の光回路。

33. 光回路部品が、電力分配器である請求の範囲 27 に記載の光回路。

34. 光回路部品が、パワーコンバイナーである請求の範囲 27 に記

載の光回路。

35. 光回路部品が、スイッチである請求の範囲 27 に記載の光回路。

36. 領域が、周期誘電構造を具備する請求の範囲 27 に記載の光回路。

37. 周期誘電構造が、2次元周期誘電構造である請求の範囲 36 に記載の光回路。

38. 周期誘電構造が、3次元周期誘電構造である請求の範囲 36 に記載の光回路。

39. 基板が、半導体材料を具備する請求の範囲 27 に記載の光回路。

40. 周波数帯ギャップを有する領域が、基板において空けき領域の周期パターンを具備する請求の範囲 27 に記載の光回路。

41. 領域を通して伝搬するのを実質的に防止される電磁放射線の周波数帯を規定する周波数帯ギャップを有する領域を有する基板と、
周波数帯ギャップ内の周波数を有する導波管における放射線が、基板に伝搬するのを実質的に防止される如く、周波数帯ギャップを有する領域に近接する基板上又は基板において形成された少なくとも一つの光導波管とを具備する光回路。

- 42. 光導波管が、ベンドを具備する請求の範囲41に記載の光回路。
- 43. 光導波管が、テーパを具備する請求の範囲41に記載の光回路。
- 44. 領域が、周期誘電構造を具備する請求の範囲41に記載の光回路。
- 45. 周期誘電構造が、2次元周期誘電構造である請求の範囲44に記載の光回路。
- 46. 周期誘電構造が、3次元周期誘電構造である請求の範囲44に記載の光回路。
- 47. 基板が、半導体材料を具備する請求の範囲41に記載の光回路。
- 48. 周波数帯ギャップを有する領域が、基板において空けき領域の周期パターンを具備する請求の範囲41に記載の光回路。
- 49. 光導波管が、周期誘電構造によって取り囲まれた基板におけるチャンネルである請求の範囲41に記載の光回路。
- 50. 光導波管が、基板に拡散された材料のチャンネルであり、該材料が、基板の屈折率よりも高い屈折率を有する請求の範囲41に記載の光回路。
- 51. 光導波管が、基板の表面に堆積された材料のチャンネルであり、該材料が、基板の屈折率よりも高い屈折率を有する請求の範囲41に記載の光回路。
- 52. 光導波管が、基板の表面における2つのほぼ平行なトレンチの間の材料のチャンネルである請求の範囲41に記載の光回路。

【発明の詳細な説明】**低損失光及び光電子集積回路****発明の背景**

光集積回路と光電子集積回路は、通常、一様基板の上面に作製される。これらの回路は、光が回路から一様基板に伝搬する時、光損失を受ける。小形軽量回路を生産するために、基板においてできる限りコンパクトに光及び光電子集積回路を生成することが望ましい。しかし、回路の間の相互連結により受けた損失は、全システムサイズの縮小を阻止する傾向がある。

光集積回路と光電子集積回路における相互連結は、一方の光回路部品から別の部品に光を輸送するために導波管を使用することにより達成される。導波管はまた、光分岐結合器、スイッチ、変調器、電力分配器、及びコンバイナーを含む多数の光回路部品に基づく。

光導波管を通して伝搬する光は、全内面反射により導波管内に包含される。導波管の外側の媒体は、導波管の内側よりも低屈折率を有する。導波管の内側と外側の間の境界は、2つの媒体の屈折率の比又は屈折率コントラストにより決定された臨界角を特徴とする。境界の臨界角は、導波管の内側の光が、境界を通して伝搬され導波管から出るよりも、導波管内に反射されるためにそれより小さな角度で境界に打ち当たらなければならない角度として定義される。臨界角よりも小さい角度において境界に打ち当たる導波管の内側の光は、境界を通過することができず、導波管内に反射される。

直線光導波管を通して移動する光のほとんどすべては、非常に小さな角度において導波管境界に打ち当たるために、ほとんど損失は受けない。しかし、光及び光電子集積回路を作製する際に、ベンドを有する光導波管を作成することが必要である。また、光分岐結合器等のある素子は、それらの導波管においてベンドを必要とする。直線導波管区分とは異なり、導波管のベンドは、大きな損失を生ずる。導波管を通過する光が、ベンドに進入する時、それは、直線区分よりも大きな角度において境界に打ち当たる。屈折率コントラストが十分に大きな臨界角を設けないならば、光の幾らかは、導波管から漏れ出て、ベンド損失を導入する。

ベンド損失は、光及び光電子集積回路の開発に対して実質的な障害であることが立証された。損失を最小にするために、ベンドは、一般に 10 mm の次元における大きな曲率半径を作成されなければならない。そのような大きなベンド半径は、コンパクトな光及び光電子集積回路のために实际的ではない。

ベンド損失を最小にするために多数のアプローチが示唆された。これらの一つは、湾曲ベンドよりもむしろ、曲折ベンドの使用である。曲折ベンドは、導波管の 2 つの直線区分を接合する鋭い隅部を有する。曲折ベンドの欠点は、ベンド角度が、1 度の次元において、非常に小さくしなければならないことである。そのため、このアプローチは、回路をよりコンパクトにすることにほとんど寄与しない。

別のアプローチは、ベンドの回りの内面反射を維持するために、ベンドの領域における基板の屈折率を等級付けることであった。これらの 2 つのアプローチの組み合わせがまた、示唆された。しかし、本アプローチは、コンパクトな光及び光電子集積回路の開発を容易にするために、

導波管ベンドの曲率半径を実質的に縮小することが可能ではない。

発明の要約

本発明は、光集積回路における放射損を実質的に除去する光回路と方法である。回路は、半導体又は誘電体と光学材料を含む他の形式の材料からできた基板の表面に形成される。基板は、周波数帯ギャップを特徴とする領域を具備する。周波数帯ギャップは、電磁放射線と、特に光波が領域を伝搬することができない周波数帯である。回路は、回路から基板に漏れる放射線が基板に伝搬しない如く、周波数帯ギャップを有する領域において形成される。

本発明の回路は、基板の帯ギャップ内の周波数において放射損を減少される。特に、導波管ベンドにおける損失は、実質的に除去される。導波管ベンドを通過する光の幾らかは、臨界角よりも大きな角度において導波管の内側と外側の間の境界に打ち当たり、導波管から基板に漏れる傾向がある。しかし、本発明において、ベンドは、周波数帯ギャップを有する基板の領域において形成される。帯ギャップ内の周波数における光は、基板に伝搬することができない。光は、光回路

と導波管内に閉じ込められる。

周波数帯ギャップを有する基板の領域は、周期誘電構造を有する。周期誘電構造は、誘電率における周期的空間変動を示す構造である。本発明に適用可能である如く、誘電率における変動は、構造内の 2 次元又は 3 次元空間において周期的である。

そのような構造を形成するいろいろな方法がある。これらの方法の一つは、一様基板材料において穴の周期パターンを形成することに係わる。別の方法は、残されるものが基板材料の円筒形又は他の類似形状の棒の

周期パターンになる如く基板材料を除去することである。

また、基板において光導波管を形成するいろいろな方法がある。一つの実施態様において、高屈折率材料のエピレイヤーが、低屈折率を有する基板の上部に形成される。次に、周期誘電構造が、一様材料のエピレイヤーにおけるチャンネルの対向部位に形成される。チャンネルは、導波管として役立つために、所望に応じて、形状付けられる。チャンネルの両側における周期誘電構造は、基板内への放射線を防止する。こうして、光は、周期誘電構造によりチャンネルを通して案内される。光は、エピレイヤーにおける導波管と上部における空気の間と、導波管と底部における基板の間との屈折率コントラストにより、内面反射によりチャンネル内に垂直に閉じ込められる。他の実施態様において、基板よりも高屈折率を有する材料は、基板内に拡散されるか、又は基板においてエッチングされる。代替的に、高屈折率の材料が、スパッタリング、蒸着又は他のプロセスにより基板の表面に堆積される。別の方法は、基板の上面に堆積された高屈折率層において一対のトレンチを形成することに係わる。トレンチの間の材料は、光導波管として役立つ。トレンチにおける空気は、屈折率コントラストにより、側方内面反射を設ける低屈折率外部媒体である。周期誘電構造は、トレンチの外側において設けられ、内面反射のための必要条件が満たされない場合に損失を除去する。垂直損失は、屈折率コントラストによる内面反射により除去される。

本発明は、光回路と光導波管ベンドにおいて損失を縮小する以前の方法に比べて実質的な利点を設ける。以前のアプローチと異なり、放射線が基板内に漏れる

のを防止する基板自体である。本発明は、曲折ベンドのアプローチにおける如く、ベンド角の如く導波管の物理的制約によら

ない。本発明において、導波管ベンド半径は、損失を防止するのは基板であるために、任意に小さくできる。また、屈折率グレーシングアプローチは、内面反射を維持するために、導波管と基板の間の屈折率コントラストによった。屈折率グレーシングでさえも、曲率半径を制約する臨界角が、存在する。本発明はベンドにおける屈折率コントラストと内面反射のみによらないために、ベンドにおける曲率半径は、そのように制約されない。

導波管ベンド半径は縮小されるために、光及び光電子回路は、ずっとコンパクトかつ軽量にされる。これらの回路は、完全に一体化される。種々の光回路部品と相互連結部が、共通基板上に作製される。高速電子回路が、関連光電子素子と同一チップにおいて作製される。

図面の簡単な説明

発明の上記と他の目的、特徴及び利点は、添付の図面において示された如く、発明の好ましい実施態様の次の詳細な説明から明らかになるであろう。種々の図面を通して、同様の参照番号は、同一の部分を参照する。図面は、必ずしも等尺ではなく、代わりに、発明の原理を示すことが重視される。

第 1 a 図は、先行技術の光回路の概略斜視図である。

第 1 b 図は、別の先行技術の光回路の概略斜視図である。

第 2 a 図は、ベンドを有するリブ導波管区分を具える先行技術の一樣基板の概略斜視図である。

第 2 b 図は、第 2 a 図の導波管区分の概略頂面図である。

第 3 図は、2つの伝搬モードに対してベンドの曲率半径に対する 90° 円形導波管ベンドに付随した損失のグラフである。

第 4 図は、2次元周期性を有する周期誘電構造の概略斜視図である。

第 5 a 図は、三角形格子パターンを示す第 4 図の周期誘電構造の概略斜視図である。

第 5 b 図は、正方形格子パターンを示す周期誘電構造の概略斜視図である。

第 5 c 図は、六角形格子パターンを示す周期誘電構造の概略斜視図である。

第 6 図は、波の周波数に対する帯ギャップにおける波減衰のグラフである。

第 7 a 図は、本発明による光回路の概略斜視図である。

第 7 b 図は、第 7 a 図の光回路の概略頂面図である。

第 8 a 図は、本発明による 2 次元周期誘電構造を有する基板における導波管区分の概略斜視図である。

第 8 b 図は、第 8 a 図の素子の概略頂面図である。

第 9 図は、本発明による 3 次元周期誘電構造を有する基板における導波管の概略斜視図である。

第 10 図は、本発明による S ベンドの概略頂面図である。

第 11 図は、本発明による Y カプラーの概略頂面図である。

第 12 図は、本発明による導波管テーパの概略頂面図である。

発明の詳細な説明

光集積回路と光電子集積回路は、能動又は受動回路のいずれかとして分類される。光集積回路は、光を発生又は検出することなく、切り換えと変調を含む多様な受動機能を行う。光電子回路は、光を発生及び検出し、並びにある受動機能を行う。本発明は、両形式の回路に適用可能で

ある。

なお、この出願を通して、用語「光集積回路」、「光電子回路」、「光回路」及び他の関連用語が、発明が適用される多様な形式の回路を記述するために使用される。特に具体的に指定しなければ、この出願におけるこれらの用語の一つの使用は、その形式の回路への説明の適用性を制限するものではない。一つの用語が、例示の目的のみのために特に選択される。本発明は、これらの回路のすべてに適用可能である。

光回路は、基板の上面において作製される。回路を連結する光導波管はまた、基板の表面において作製される。これらの光導波管は、周囲基板の屈折率よりも高い屈折率を有するチャネルからなる。屈折率コントラストのために、光は、全

内面反射によりチャネルに沿って案内される。

光導波管は、光及び光電子集積回路における要素の間で光信号を案内するために使用され、電子集積回路の間で電気信号を案内するために使用される金属線に類似する。それらは、ファイバーオプティックケーブル等の外部光回路部品をスイッチ、変調器、ソース、及び検出器等の内部光回路部品に連結する。加えて、それらは、光分岐結合器、スイッチ、変調器、電力分配器、及びコンバイナーを含む多数の光回路部品において基本構造要素を形成する。

集積光回路と導波管は、幾つかの異なる技術によって実現される。一つの先行技術の例が、第 1 a 図において示される。基板 10 は、低屈折率を有する LiNbO_3 等の材料から作られる。光回路 11 と 13 は、フォトリソグラフィ、拡散、イオン打ち込み、エッチング、等の技術により基板 10 に形成される。光導波管 12 は、チタンを基板 10 に拡散することにより形成される高屈折率を有する材料から作られる。

一般にリブ導波管と呼ばれる別の形式の集積光回路及び導波管が、第 1 b 図に示される。リブ導波管 22 は、回路 21 と 23 を連結する。この光回路部品において、高屈折率の光チャネル 22 は、低屈折率半導体基板 20 の上面において形成される。基板材料は、 $\text{Ga}_x\text{Al}_{(1-x)}\text{As}$ 又は他の類似の材料である。チャネル 22 は、 GaAs 又は他の高屈折率材料から形成される。チャネル 22 は、基板 20 の表面に GaAs を堆積することにより形成される。

第 1 a 図と第 1 b 図は、直線導波管区分 12 と 22 を示す。導波管を伝搬する光は、小角度において導波管の内側と外側の間の障壁に打ち当たる。結果的に、光は、全内面反射により導波管内に閉じ込められる。しかし、光集積回路の応用において有益であるために、導波管は、時々、ベンドを含まなければならない。

第 2 a 図は、 90° 円形ベンド 34 を含む先行技術のリブ導波管 32 の区分を概略的に描く。導波管 32 は、第 1 b 図に関連して記載された如く、基板 30 の上面において作製される。第 2 b 図は、導波管区分 32 の概略頂面図である。

例示の目的のために、光は、矢印 35 により示された方向において導波管 32 を通って伝搬することを仮定される。実伝搬方向は、発明には重要ではないこと

が理解される。光は、導波管 3 2 の直線区分を通過して移動し、その後、ベンド 3 4 に進入する。ベンドを通過した後、導波管内に残る光は、直線区分 3 8 を通過して移動する。

光が直線区分 3 6 を出てベンド 3 4 に進入する時、それは、大きな角度において導波管の内側と外側の間の障壁 4 0 に打ち当たる。これらの角度の幾つかは、障壁 4 0 における屈折率コントラストによって決定さ

れた反射のために必要な臨界角を超える。臨界角を超える光は、障壁 4 0 を通過し、導波管 3 2 を出て、導波管と基板 3 0 の回りの空気に伝搬する。第 2 b 図において矢印 4 2 により表されたこの損失光は、ベンドに付随した光損失又は単にベンド損失である。

第 2 b 図に示された如く、ベンド 3 4 は、曲率半径 R を有する。 R が減少する時、光が障壁 4 0 に打ち当たる角度は増大する。導波管 3 2 から漏れる光が増えると、ベンド損失を増大させる。実験により、ベンド損失は、ベンドの曲率半径の減少に関して指数的に増大することが示された。即ち、 $L \sim a e^{-R/b}$ であり、ここで L は損失、 R は曲率半径、そして a と b は、定数である。

導波管が使用される応用により、許容される最大ベンド損失がある。この最大許容ベンド損失は、最小許容ベンド半径に対応する。こうして、ベンド損失は、導波管ベンドのサイズを縮小する能力と、結果的に、コンパクトな光集積回路を作製する能力に制約を課する。

第 3 図は、 90° 円形導波管ベンドの曲率半径とそのベンドに付随した損失の関係を描く実験データのグラフである。デシベル (dB) におけるベンド損失は、2つの伝搬モードに対してミリメートル (mm) における曲率半径の関数としてプロットされる。曲線 4 4 は、準 TE モードであり、そして曲線 4 6 は、準 TM モードである。グラフは、ベンド曲率半径とベンド損失の間の指数関係を示す。

導波管ベンドとともに光及び光電子集積回路に付随した損失を除去するために、本発明は、光が回路基板に伝搬するのを防止する。光は基板に伝搬しないために、それは、回路及び導波管内に閉じ込められる。

本発明の好ましい実施態様において、基板は、周期誘電構造を有する

領域を具備する。周期誘電構造は、誘電率における周期的空間変動を示す構造である。一つの実施態様において、誘電率は、構造内の 2 次元空間において周期的である。別の実施態様において、構造は、3 次元空間周期性を示す。

周期誘電構造は、周波数又は光帯ギャップ、又は単に帯ギャップを特徴とする。周期誘電構造の帯ギャップは、構造が誘電率における周期的変動を示す平面において構造を通して伝搬しない電磁放射線の周波数帯である。

第 4 図は、2 次元空間周期性を示す周期誘電構造 300 の概略斜視図である。具体的には、構造 300 は、 x 及び z 次元において周期的である。このため、構造の帯ギャップ内の周波数を有する電磁放射線は、構造の頂面 326 の平面を含む、 $x-z$ 平面と平行な平面において伝搬しない。

構造 300 は、基板の上面 326 と下面 326 に直交する複数の伸長要素 322 を含む。要素 322 は、好ましくは、円筒形状であり、 $x-z$ 平面又はそれに平行な任意の平面に関して 2 次元周期配置において配設される。円筒要素が以後記載されるが、準円筒要素又は他の形状の伸長要素も使用される。それらは、非導電性高誘電率基板材料 324 内に配設された非導電性低誘電材料から形成される。要素 322 は、単にボア、空けき、又はチャンネルであり、空気及び／又は他の液体又は固体材料の如く低誘電率流体又は固体で満たされる。

代替態様において、要素は、非導電性高誘電材料から形成され、非導電性低誘電材料において周期配置で配設される。この構成の例は、材料がエッチング除去され、高誘電材料の円筒棒の周期配置のみを残し、棒

の間の空間に空気を有する高誘電率基板である。空間はまた、他の低誘電率流体又は固体で満たされる。

縦軸 325 は、垂直又は y 方向において各要素 322 の中心を通過する。要素 322 は、それらを貫通する縦軸 325 に一般に直交する $x-z$ 平面において 2 次元で周期的に配置される。

構造 300 は、 $x-z$ 平面において伝搬する任意の方向において偏光された入

り電磁エネルギー 329 を濾波するように位置付けられる。構造 300 は、光又は周波数帯ギャップの範囲内に周波数を有する入射電磁エネルギー 329 のほぼすべてを反射させる。さらに具体的には、帯ギャップの周波数範囲内の電磁エネルギーは、構造 300 を通って伝搬するのを実質的に防止される。こうして、構造 300 は、帯域消去フィルターとして動作する。構造は、 $x-z$ 平面において任意の入射角度に沿って伝搬する放射線のためにほぼ一定の帯ギャップ周波数範囲を維持する。

第 5 a 図は、第 4 図の構造 300 の頂面図である。この実施態様において、円筒要素 322 は、三角形格子を設けるために周期的に配置される。線 327 は、基板材料 324 の上面 326 に沿って円筒要素の三角形格子配置を示す。他の可能な格子構造が、第 5 b 図と第 5 c 図において示される。第 5 b 図は、正方形格子構造を示し、そして第 5 c 図は、ハネカム又は六角形格子構造を示す。

周期誘電構造の特徴は、帯ギャップの中心周波数、帯ギャップ（即ち、ストップ帯）の帯域幅、及び帯ギャップ減衰量が、マイクロ波における任意の周波数範囲に対して、構造の作成中、紫外線帯域（ $10^6 \sim 10^{15} \text{ Hz}$ ）に調整されることである。第 4 図と第 5 図の構造に対して、中心

周波数（ f ）、帯域幅（ Δf ）、及び帯ギャップの帯ギャップ減衰量（ A_c ）が、第 6 図に示される。帯ギャップの減衰量（ A_c ）は、要素 322 の行数に比例する。こうして、減衰量（ A_c ）は、付加行を設けることにより増大される。帯域幅（ Δf ）の中心周波数（ f ）は、次の方程式により計算される。

$$f = [13.8 (13 / \mu \epsilon)^{1/2}] / a \quad \text{GHz}$$

ここで、 ϵ は、基板材料の誘電率

μ = 基板材料の透磁率

a = 隣接要素の中心間のセンチメートルにおける距離に対応する三角形格子定数である。

周波数スケールにおける帯ギャップの位置は、中心周波数によって決定される。帯域幅（ Δf ）は、円筒要素 322 の半径（ r ）と三角形格子定数（ a ）によって決定される。

第 4 図と第 5 a ~ 5 c 図に示された 2 次元周期誘電構造が、幾つかの方法の一つにより均質又は一様構造の部分において作製される。一つの方法は、高誘電一様基板において穴をあけることに係わる。穴は、空気の如く低誘電材料で満たされる。

別の方法は、反応性イオンエッチングの使用に係わる。基板は、一方の面において、所望の帯ギャップに対して必要とされたサイズ、間隔及び周期性の幾何学的図形の 2 次元配列を含むマスクで覆われる。幾何学的図形の 2 次元配列は、電子ビームリソグラフィー又は従来のフォトリソグラフィーを使用することによりパターン化される。幾何学的図形は、高誘電基板材料を選択的に食刻するために使用された反応性イオンエッチャントに透過又は不透過性である。例えば、円筒空気チャネルが基板

において形成されるならば、幾何学的図形は、エッチャントに透過性の円であり、そしてマスクの残部は、エッチャントに不透過性である。高誘電材料の正方形棒が形成されるならば、図形は、エッチャントに不透過性の正方形であり、そしてマスクの残部は、エッチャントに透過性である。

それから、基板とマスクは、高指向性の反応性イオンエッチャントに露呈される。反応性イオンプラズマは、垂直軸に沿ってマスクに指向され、そして所望の形状の垂直チャネルが、基板において生成される。要素の合成配列は、2 次元周波数又は光帯ギャップを形成する。

第 7 a 図は、本発明により集積光回路 200 の概略斜視図である。第 7 b 図は、回路 200 の頂面図である。回路 200 は、 $Ga_xAl_{1-x}As$ 等の低屈折率を有する材料から形成したベース基板 202 を具備する。 $GaAs$ 等のベース基板 202 よりも高い屈折率を有する材料から作られたエピレイヤー 204 は、ベース基板 202 の上面において形成される。ベース基板 202 とエピレイヤー 204 の組み合わせは、光回路 200 のための基板 206 を形成する。

光回路 200 の構成要素は、2 つの光回路部品 208 と 210 を含む。これらの回路部品は、レーザー及び検出器又は他の類似の素子である。発明は、他のそのような素子にも適用できることが理解される。また、2 つの素子が、説明の容

易性のために選択される。一般回路は、より多くの素子を有する。

素子208と210は、導波管212によって連結される。導波管212は、直線区分214、ベンド216、及び第2直線区分218を含む。例示の目的のために、光は、素子208を出て、導波管212を通っ

て素子210の方に伝搬することが仮定される。光は、直線区分214、ベンド216及び直線区分218を通過し、素子210に進入する。

光回路部品208と210は、周期誘電構造222によって取り囲まれる。周期誘電構造222は、構造222の帯ギャップ内の周波数における素子208と210からの発光が基板206内に伝搬するのを防止する。こうして、素子208と210は、互いと、導波管212、及び基板206における任意の他の素子から隔離される。

周期誘電構造222はまた、エピレイヤー204における導波管212の横範囲を規定するために役立つ。周期誘電構造222は、構造222の帯ギャップ内の周波数における光がエピレイヤー204の平面において伝搬するのを防止する。こうして、光は、導波管212内で横に閉じ込められる。光は、内面反射により垂直方向において導波管212から伝搬するのを防止される。光は、導波管の内側とその上の空気の間屈折率コントラストのために、導波管から空間に伝搬しない。光は、エピレイヤー204とベース基板202の間屈折率コントラストのために、ベース基板202に伝搬しない。光は導波管212の外側に伝搬しないために、それは内側に閉じ込められる。素子208から導波管212に進入する光は、直線区分214を通過してベンド216に移動する。それは、周期誘電構造222によりベンド216の回りを直線区分218を通過して素子210に案内される。

第7a図と第7b図の回路200は、まず、基板206を形成するために一様の低屈折率ベース基板202の上部に一様な高屈折率エピレイヤー204を形成することにより作成される。これは、拡散又は同様の作製技術によって行われる。次に、素子208と210は、エピレイヤ

ー204において形成される。最後に、周期誘電構造222は、前述の方法の一つにより基板206において形成される。

周期誘電構造222は、導波管212によって伝達される放射線の周波数を含む基板206のための周波数帯ギャップを生成するように設計される。構造222を生成するために、穴の周期パターンが、基板206において形成される。穴のパターンは、素子208と210を取り囲み、素子を連結する導波管212を規定するようにされる。穴は、ドリリング又は前述の反応性イオンエッチングプロセスのいずれかにより作成される。

第8a図と第8b図は、発明の別の実施態様による導波管56の区分を描く。GaAs等の材料から作られた高屈折率エピレイヤー51は、基板53を形成するために、 $Ga_xAl_{1-x}As$ 等の材料から作られた低屈折率ベース基板50の上面において形成される。基板53はまた、誘電又は光学材料の如く他の材料からも作られる。周期誘電構造52は、エピレイヤー51の平面において2次元で周期的である。光導波管56の区分は、ほぼ平行なトレンチ58と60の間のエピレイヤー51において形成される。導波管区分56は、90°円形ベンド62を含む。90°のベンド角度は、例示の目的のみのために選択される。ベンド角度は、90°である必要はない。トレンチ58と60は、エッチング又は他の公知のプロセスによって形成される。トレンチにおける空気は、導波管56によって伝達された光の内面反射に対して屈折率コントラストを設ける。周期誘電構造52は、トレンチ58と60の外側に設けられ、全内面反射のための必要条件が満たされない場合に損失を除去する。

周期誘電構造52は、導波管56において伝搬する光の既知周波数に

おいて周波数帯ギャップを有するように、第4～6図に関して記載された如く形成される。このため、光は、エピレイヤー51の平面において基板53に伝搬しない。結果として、ベンド62における光の損失は、事実上除去される。

例示のために、光は、矢印64の方向において導波管56を通過して移動する。ベンド62に進入する時、光は、前述の如く角度の増大とともに導波管56とトレンチ58の間の障壁66に打ち当たる。一様な基板を有する先行素子において

、光は、基板に伝搬し、損失される。しかし、第8 a 図と第8 b 図に示された如く本発明において、光は、周期誘電構造5 2 のために基板5 3 に伝搬しない。代わりに、光は、導波管5 6 内に閉じ込められ、ベンド6 2 を通って継続する。

第8 a 図と第8 b 図の実施態様において、導波管5 6 は、エピレイヤー5 1 においてトレンチ5 8 と6 0 を生成することにより形成される。第1 a 図と第1 b 図に関連して記載されたものを含む他の方法がまた、可能である。高屈折率チャネルが、一様基板に材料を拡散するか、又は基板における材料をエッチングすることにより形成される。チャネルが形成された後、周期誘電構造が、前述の手順により基板において形成される。

第9 図は、本発明の別の実施態様による導波管区分7 6 を示す。この実施態様において、基板7 0 は、高屈折率エピレイヤー7 1 と低屈折率ベース基板7 3 を含む。基板7 0 はまた、3 次元空間周期性を有する周期誘電構造を具備する。放射線は、基板7 0 の全3 空間次元において伝搬するのを防止される。

3 次元周期誘電構造7 2 は、2 次元構造と同様の方法で作製される。

エピレイヤー7 1 は、3 次元周期誘電構造の上面に対して所望パターンを規定する幾何学的図形の2 次元配列を有するマスクで覆われる。一つの実施態様において、2 次元配列は、三角形格子パターンを有する。基板とマスクは、反応性イオンエッチャントに露出される。エッチャントプラズマは、基板の上面に垂直な軸に関して3 つの異なる角度において連続的に指向される。角度は、各々、垂直から3 5 . 2 6 ° に指向され、そして方位において互いに1 2 0 ° だけ分離される。合成チャネルは、3 次元面心立方格子を形成する。この格子における電磁気分散関係は、光又は周波数帯ギャップを示す。

3 次元周期性により、周期誘電構造7 2 は、全3 次元において帯ギャップ内の光の伝搬を防止する。光は、2 次元の場合における如く、基板7 2 を通って側方に伝搬しない。しかしまた、それは、基板7 0 の下面7 5 の方に伝搬しない。光損失は、さらに縮小される。

第1 0 ~ 1 2 図は、本発明が適用される多様な光回路を示す。各図は、発明による素子が形成された基板の部分の頂面図である。各素子において使用された周

期誘電構造は、2次元又は3次元周期性を有する。

第10図は、導波管区分におけるSベンド素子93の図である。Sベンド93は、光分岐結合器の如く素子において使用される。それは、2つのベンド区分90と91を含む。一様基板を有する先行素子において、これらのベンドは、放射損源である。しかし、ベンドは基板87において周期誘電構造92によって取り囲まれるために、ベンド損失は、事実上除去される。

第11図は、Yカプラー素子103の図である。入り信号は、直線区分94を通過して素子103に進入する。信号は、区分98と99を通つ

て移動する2つの等しい出信号に接合部96において分割される。接合部96とベンド100と101に付随した放射損は、基板97における周期誘電構造102によって事実上除去される。放射線が第11図において右から左に伝搬する場合に、素子103は、コンバイナーに役立つことが注目される。

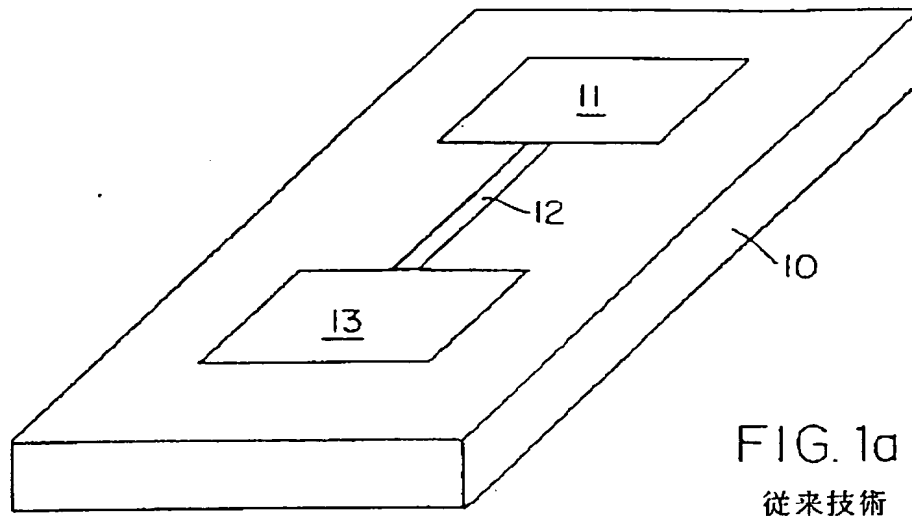
第12図は、周期誘電構造104を有する基板102における導波管テーパ又はじょうご110を示す。多数の応用は、ファイバーオプティックケーブル112が光集積回路における導波管114に永久的に装着されることを必要とする。この連結は、10dBの次元における挿入損失につながる。損失を縮小するために、集積導波管114のケーブル端116は、ケーブル112と同一幅にされる。導波管114の回路端部118の最適幅は、ケーブル端116の幅よりも小さい。2つの端部の間の幅遷移は、テーパ区分120から作られる。このテーパ区分120は、周期誘電構造104によって克服される損失源である。

本発明は、光学システムに適用されるだけではない。周期誘電構造は、紫外線帯($10^6 \sim 10^{15}$ Hz)に対してマイクロ波におけるいずれかの周波数帯ギャップを有するように作製される。これらの周波数における電磁放射線は、基板を通過して伝搬するのを防止される。このため、本発明は、導波管、ソース、検出器、レーザー、電力分割器、パワーコンバイナー、テーパ、干渉計、及び放射線が閉じ込められる必要がある任意の他の素子において放射線を実質的に閉じ込めるために適用される。損失は、上記の周波数範囲内のいずれかの電磁放射線に対して実質的に除去される。

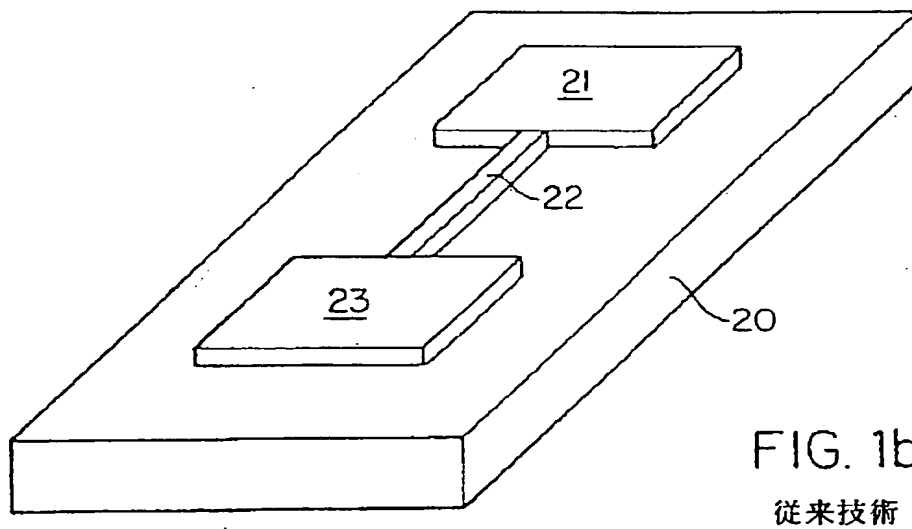
この発明が好ましい実施態様を参照して詳細に示され記載されたが、

技術における当業者には、形態と詳細における多様な変形が、添付の請求の範囲によって記載された発明の精神と範囲に反することなく行われることが理解されるであろう。

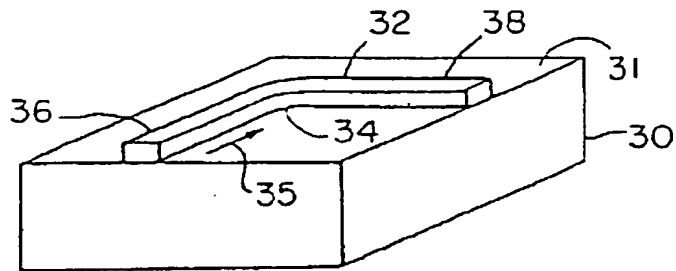
【図 1 a】



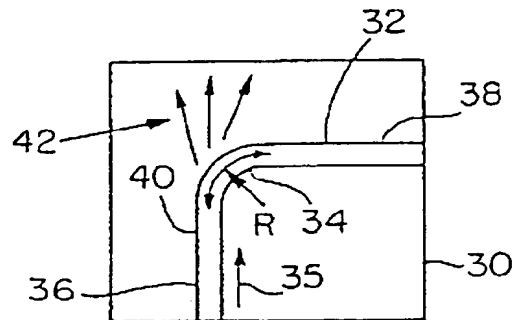
【図 1 b】



【図2a】

FIG. 2a
従来技術

【図2b】

FIG. 2b
従来技術

【図3】

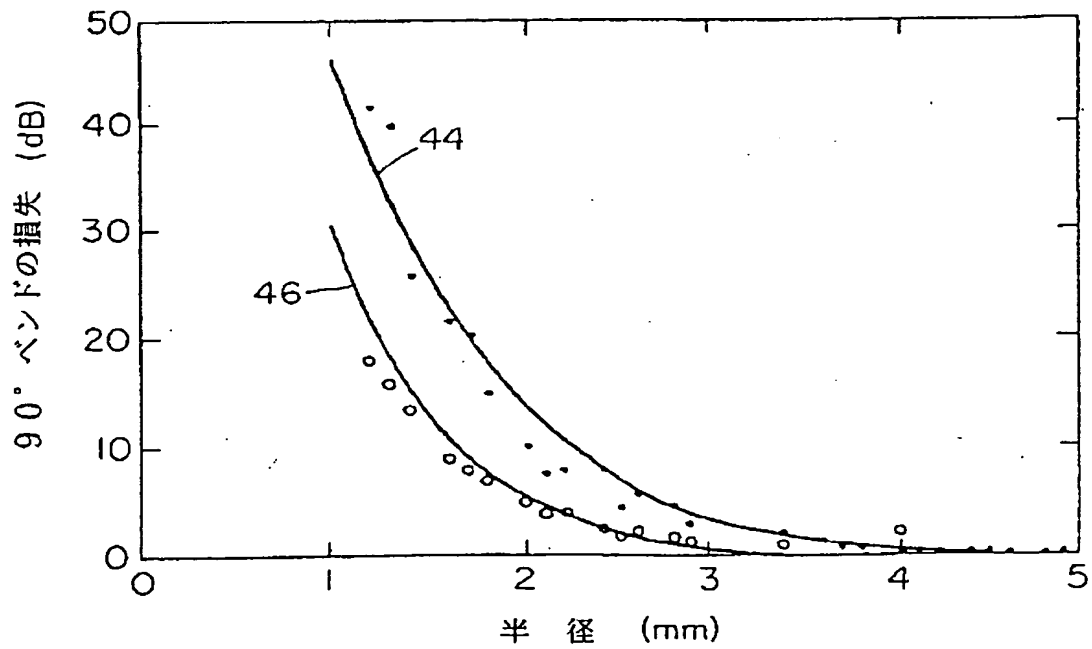


FIG. 3

【図4】

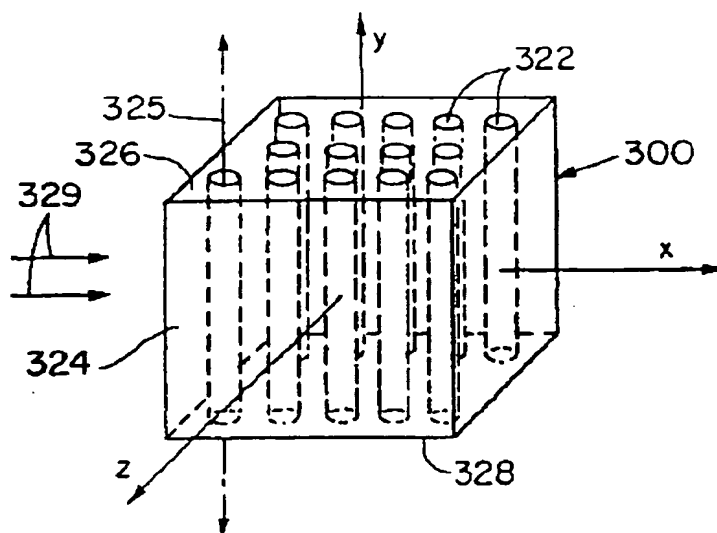


FIG. 4

【図5a】

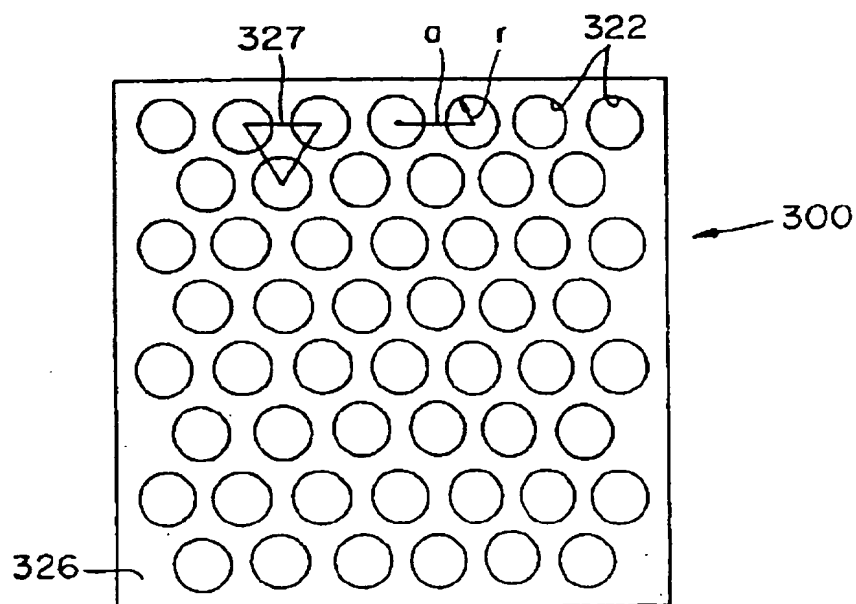


FIG. 5a

【図5b】

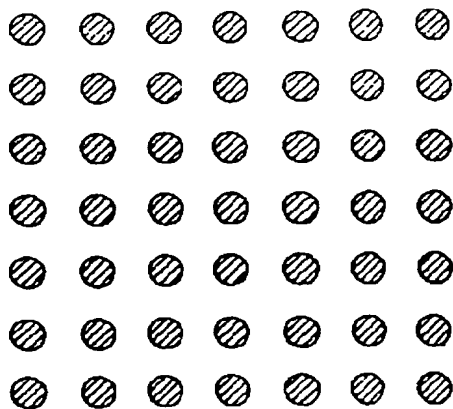


FIG. 5b

【図5c】

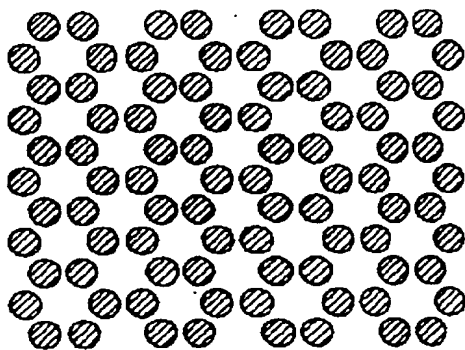


FIG. 5c

【図6】

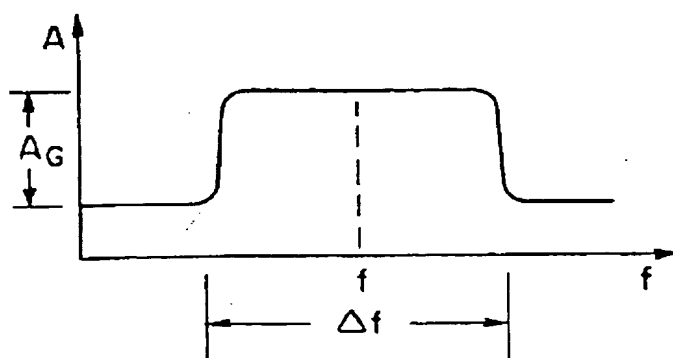


FIG. 6

【図7a】

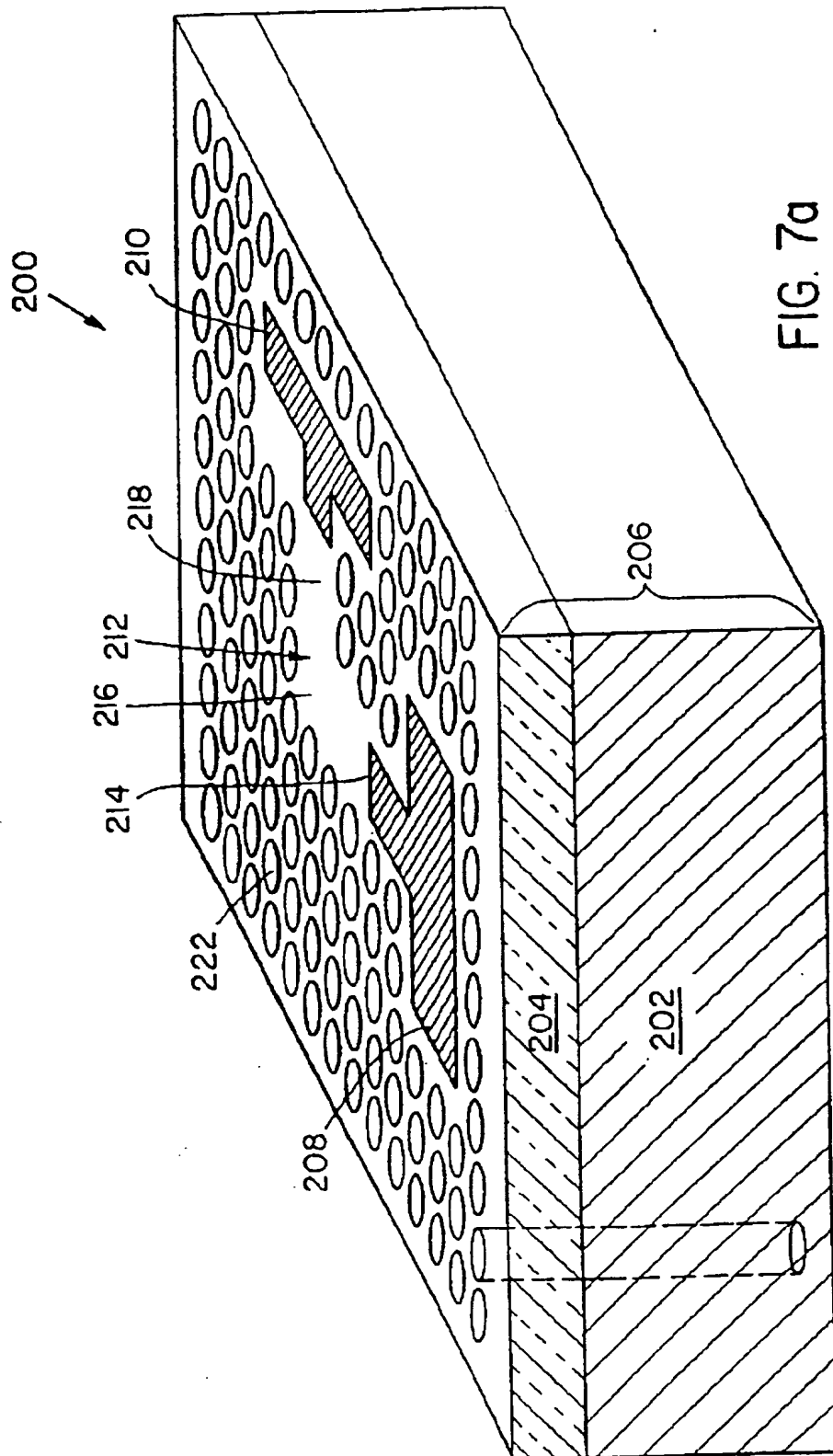


FIG. 7a

【図 7 b】

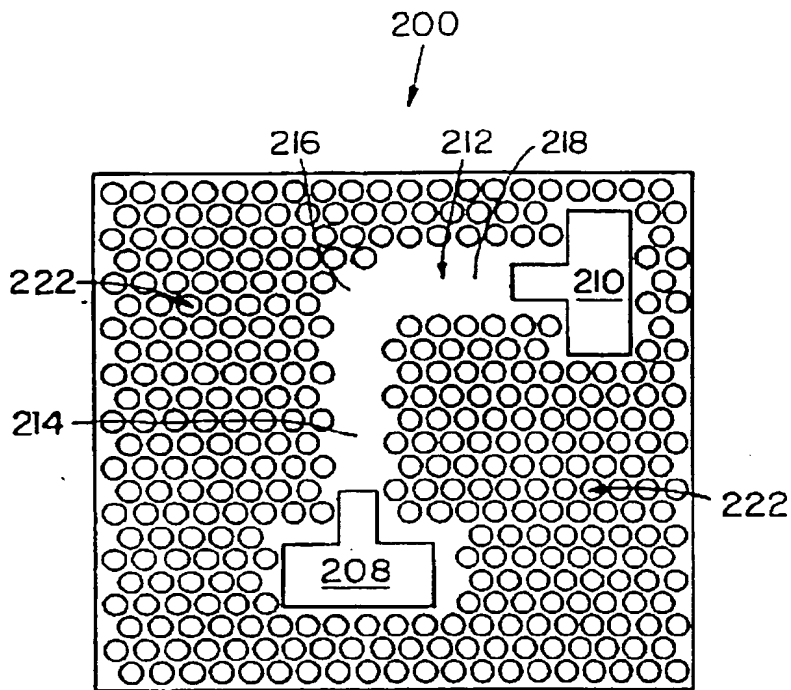


FIG. 7b

【図 8 b】

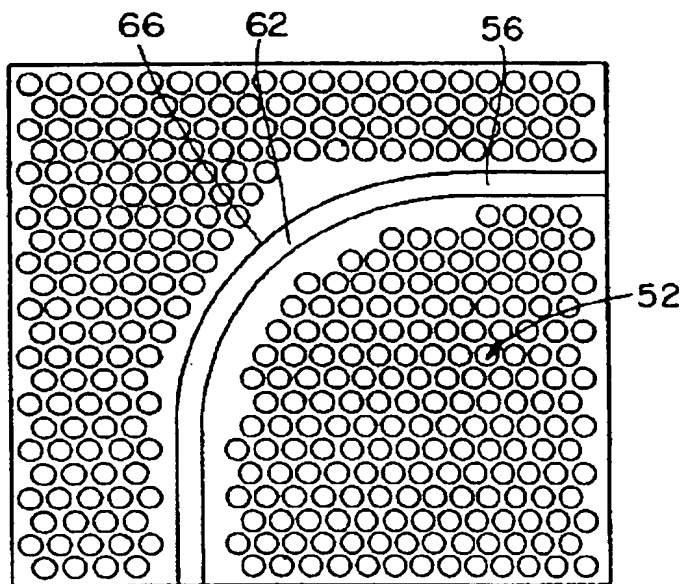


FIG. 8b

【図 8 a】

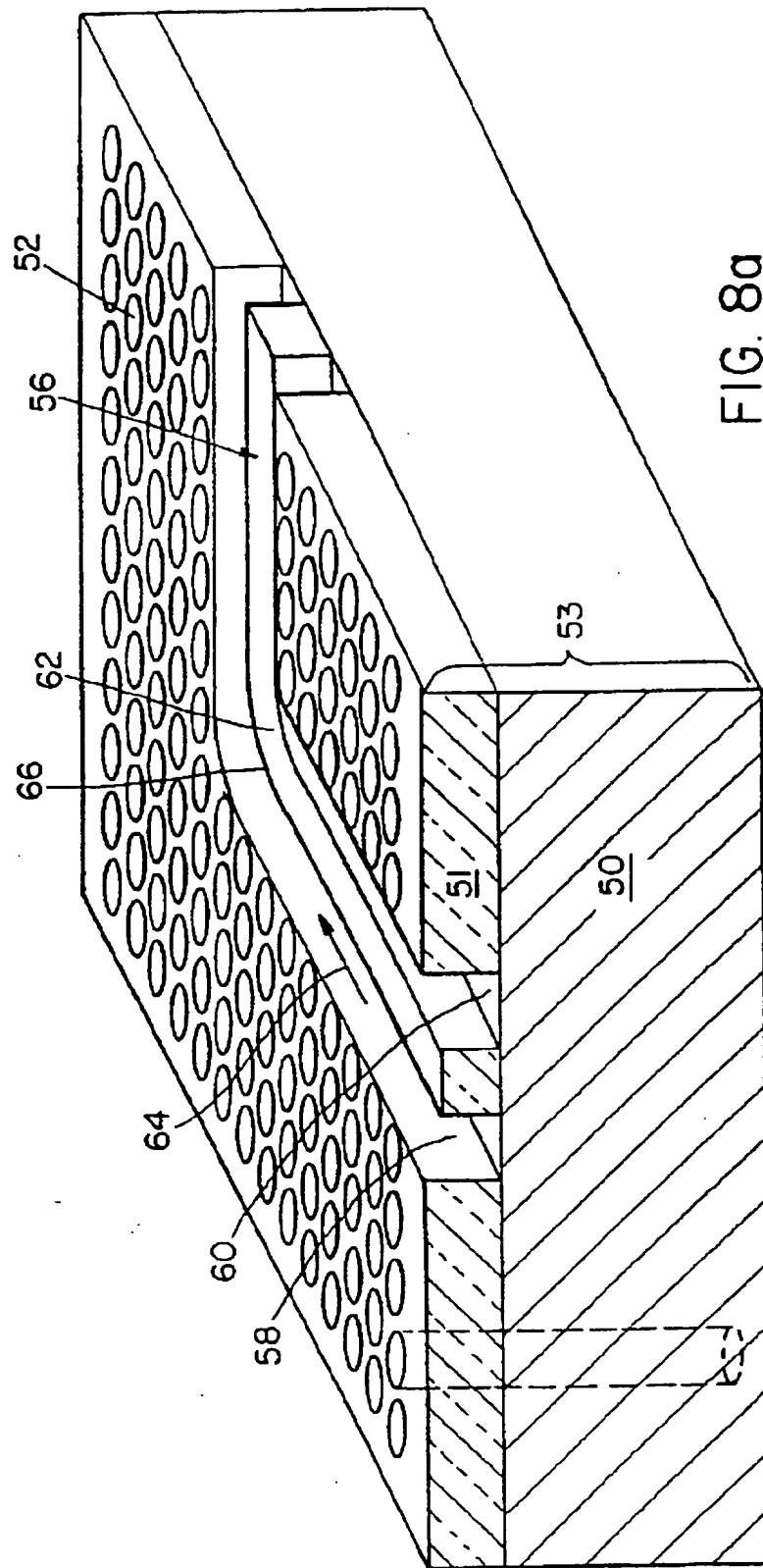
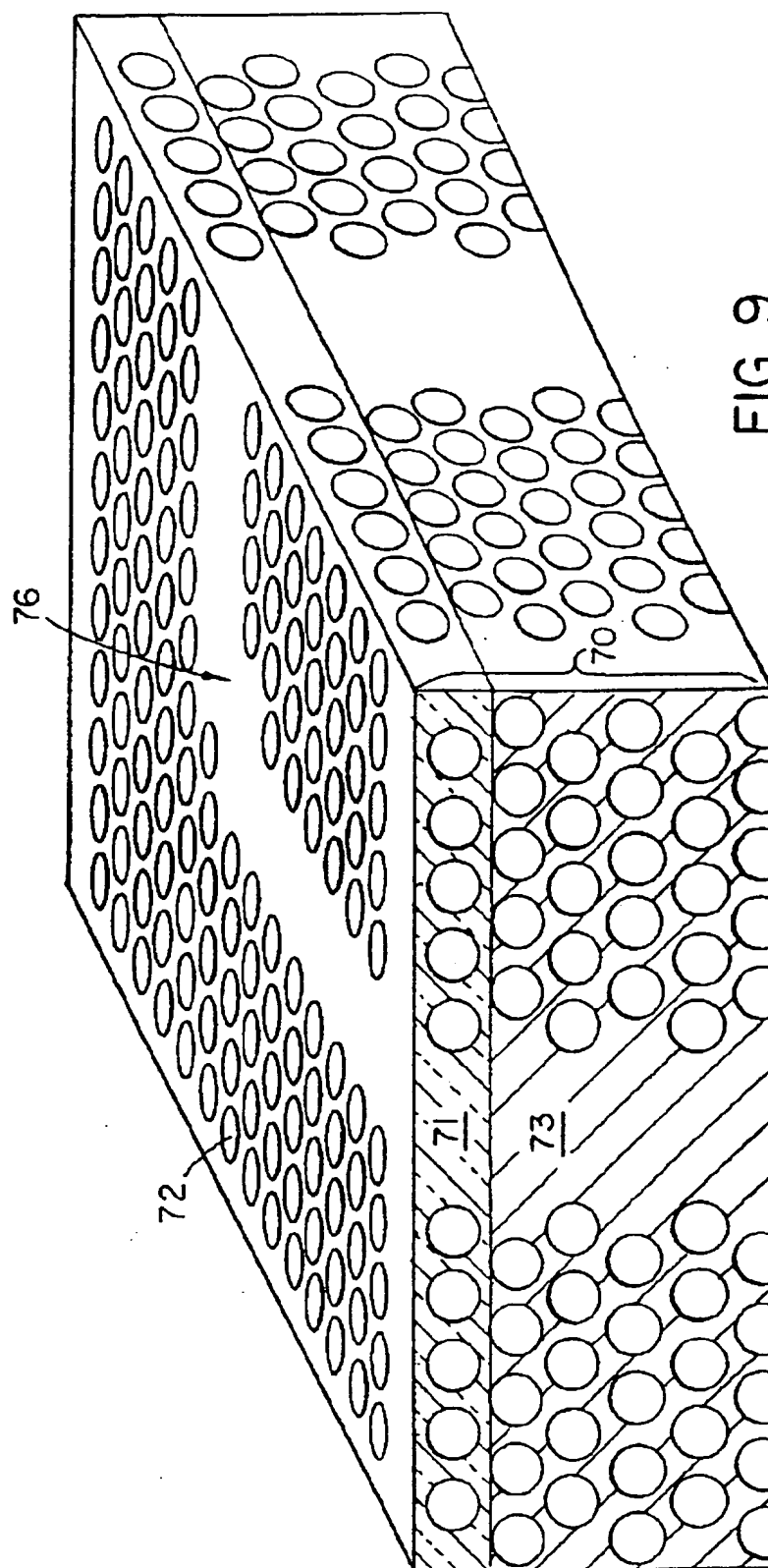


FIG. 8a

【図 9】



【図10】

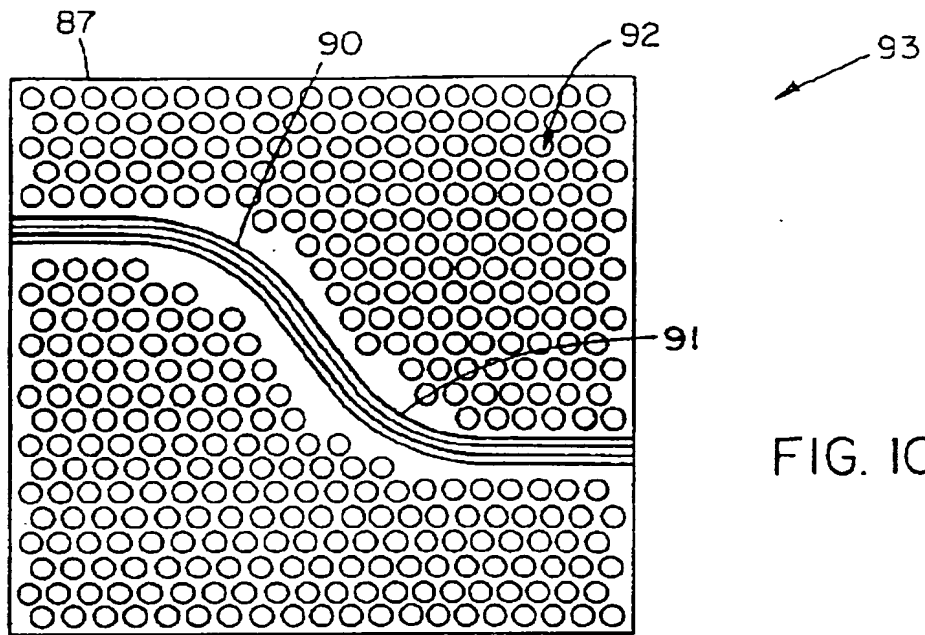


FIG. 10

【図11】

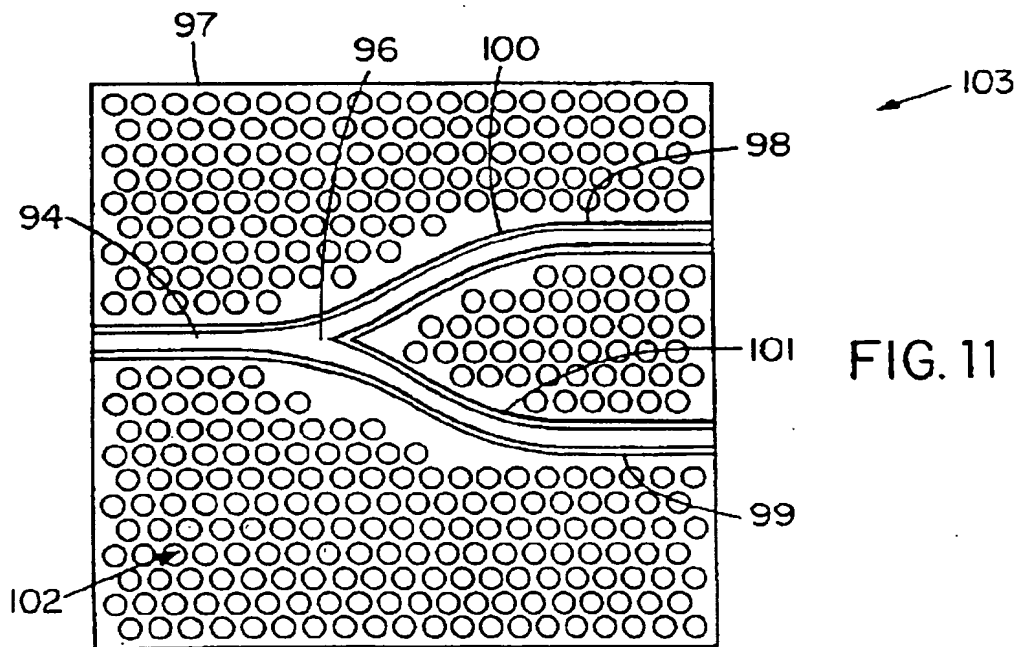


FIG. 11

【図12】

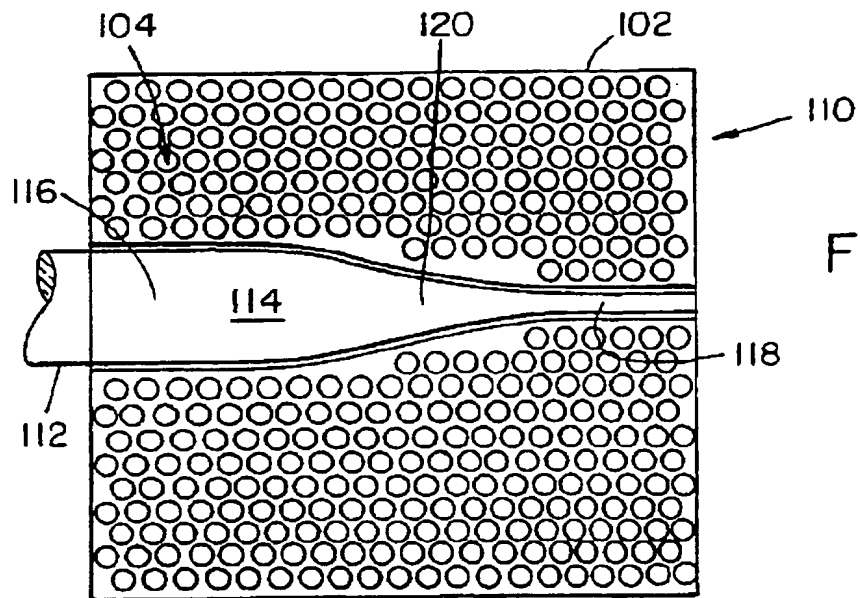


FIG. 12

【手続補正書】特許法第 184 条の 8

【提出日】1994 年 12 月 9 日

【補正内容】

損失を縮小するために、集積導波管 114 のケーブル端 116 は、ケーブル 112 と同一幅にされる。導波管 114 の回路端部 118 の最適幅は、ケーブル端 116 の幅よりも小さい。2 つの端部の間の幅遷移は、テーパ区分 120 から作られる。このテーパ区分 120 は、周期誘電構造 104 によって克服される損失源である。

本発明は、光学システムに適用されるだけではない。周期誘電構造は、紫外線帯 ($10^6 \sim 10^{15} \text{ Hz}$) に対してマイクロ波におけるいずれかの周波数帯ギャップを有するように作製される。これらの周波数における電磁放射線は、基板を通して伝搬するのを防止される。このため、本発明は、導波管、ソース、検出器、レーザー、電力分割器、パワーコンバイナー、テーパ、干渉計、及び放射線が閉じ込められる必要がある任意の他の素子において放射線を実質的に閉じ込めるために適用される。損失は、上記の周波数範囲内のいずれかの電磁放射線に対して実質的に除去される。

請求の範囲

1. 基板 (202) を提供することと、
基板内に又は基板上に光集積回路 (208、210、212) を形成することとを含む、光集積回路において放射損を縮小する方法において、

少なくとも 2 つの次元において誘電率における空間周期変動を有する周期誘電格子構造 (222) を該基板の領域に形成することを含み、格子次元は、光集積回路が動作可能である電磁放射線の周波数帯を規定する周波数帯ギャップを生成するように配分され、周期変動の平面において、そのような周波数における放射線が、領域内の少なくとも一つの次元において伝搬するのを実質的に防止されることを含むことを特徴とする方法。

2. 領域が、光集積回路の一部として形成される請求の範囲 1 に記載の方法。

3. 領域が、光集積回路に隣接して形成される請求の範囲 1 に記載の方法。

4. 光集積回路を形成する段階が、レーザを形成することを具備する請求の範囲 1 に記載の方法。

5. 光集積回路を形成する段階が、検出器を形成することを具備する請求の範囲 1 に記載の方法。

6. 光集積回路を形成する段階が、フィルターを形成することを具備する請求の範囲 1 に記載の方法。

7. 光集積回路を形成する段階が、変調器を形成することを具備する請求の範囲 1 に記載の方法。

8. 光集積回路を形成する段階が、電力分配器を形成することを具備

する請求の範囲 1 に記載の方法。

9. 光集積回路を形成する段階が、パワーコンバイナを形成することを具備する請求の範囲 1 に記載の方法。

10. 光集積回路を形成する段階が、スイッチを形成することを具備する請求の範囲 1 に記載の方法。

11. 周期誘電格子構造が、2次元周期誘電格子構造(222)である請求の範囲 1 に記載の方法。

12. 周期誘電格子構造が、3次元周期誘電格子構造(72)である請求の範囲 1 に記載の方法。

13. 基板が、半導体材料を具備する請求の範囲 1 に記載の方法。

14. 領域を形成する段階が、基板において空けき領域の周期パターンを形成することを含む請求の範囲 1 に記載の方法。

15. 光集積回路を形成する段階が、基板上又は基板において光導波管(212)を形成することを含む請求の範囲 1 に記載の方法。

16. 周期誘電格子構造を有する領域が、ベンドに付随した放射損が縮小される如く、導波管においてベンド(216)に隣接して形成される請求の範囲 15 に記載の方法。

17. 周期誘電格子構造を有する領域が、テーパに付随した放射損が縮小される如く、導波管においてテーパ(120)に隣接して形成される請求の範囲

15に記載の方法。

18. 光導波管を形成する段階が、周波数帯ギャップを有する領域が基板の特定部分において形成されるのを防止することを含み、基板の該特定部分が、光導波管である請求の範囲15に記載の方法。

19. 光導波管を形成する段階が、基板に材料を拡散することを含み、

該材料は、基板の屈折率よりも高い屈折率を有する請求の範囲15に記載の方法。

20. 光導波管を形成する段階が、基板の表面に材料を堆積することを含み、該材料は、基板の屈折率よりも高い屈折率を有する請求の範囲15に記載の方法。

21. 光導波管を形成する段階が、基板の表面において2つのほぼ平行なトレンチ(58、60)を形成することを含み、該トレンチがそれらの間に材料(56)のチャンネルを規定し、材料の該チャンネルが、光導波管である請求の範囲15に記載の方法。

22. 縮小された放射損を有する光回路部品において、基板(202)と、基板上又は基板内に形成された光集積回路(208、210、212)とを具備し、少なくとも2つの次元において誘電率における空間周期変動を有する周期誘電格子構造(222)を有する、基板上又は基板内に形成した領域を具備し、格子次元は、光集積回路が動作可能である電磁放射線の周波数帯を規定する周波数帯ギャップを生成するように配分され、周期変動の平面において、そのような周波数における放射線が、領域内の少なくとも一つの次元において伝搬するのを実質的に防止されることを特徴とする光回路部品。

23. 領域が、光集積回路の一部である請求の範囲22に記載の光回路部品。

24. 領域が、光集積回路に隣接する請求の範囲22に記載の光回路部品。

25. 光集積回路が、レーザーを具備する請求の範囲22に記載の光回路部品。

26. 光集積回路が、検出器を具備する請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
27. 光集積回路が、フィルターを具備する請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
28. 光集積回路が、変調器を具備する請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
29. 光集積回路が、電力分配器を具備する請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
30. 光集積回路が、パワーコンバイナーを具備する請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
31. 光集積回路が、スイッチを具備する請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
32. 周期誘電格子構造が、2次元周期誘電格子構造(222)である請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
33. 周期誘電格子構造が、3次元周期誘電格子構造(72)である請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
34. 基板が、半導体材料を具備する請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
35. 領域が、基板において空けき領域の周期パターンを具備する請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
36. 光集積回路が、光導波管(212)を具備する請求の範囲 22 に記載の光回路部品。
37. 領域が、ベンドに付随した放射損が縮小される如く、光導波管においてベンド(216)に隣接して形成される請求の範囲 36 に記載の光回路部品。
38. 領域が、テーパーに付随した放射損が縮小される如く、光導波管においてテーパー(120)に隣接して形成される請求の範囲 36 に記載の光回路部品。
39. 光導波管が、周期誘電格子構造を有する領域によって取り囲まれた基板におけるチャンネルである請求の範囲 36 に記載の光回路部品。
40. 光導波管が、基板に拡散された材料のチャンネルであり、該材料は、基板の屈折率よりも高い屈折率を有する請求の範囲 36 に記載の光回路部品。

- 4 1. 光導波管が、基板の表面に堆積された材料のチャネルであり、該材料は、基板の屈折率よりも高い屈折率を有する請求の範囲 3 6 に記載の光回路部品。
- 4 2. 光導波管が、基板の表面において 2 つのほぼ平行なトレンチ（5 8、6 0）の間の材料のチャネルである請求の範囲 3 6 に記載の光回路部品。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 5 G02B6/00 G02B6/12 H01P3/20		International Application No. PCT/US 94/00285
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 5 G02B H01P H01Q		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, vol.26, no.3, March 1990, NEW YORK US pages 519 - 531 G. LENZ AND J. SALZMAN 'Bragg Reflection Waveguide Composite Structures'	1,15
X	see the whole document	27-36, 39,41, 44,47,49
Y		37,38, 45,46
A	OPTICS COMMUNICATIONS, vol.19, no.3, December 1976, AMSTERDAM NL pages 427 - 430 P. YEH AND A. YARIV 'BRAGG REFLECTION WAVEGUIDES'	1
	see the whole document	
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 May 1994		Date of mailing of the international search report 15.06.94
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax. 31 651 699 01 Telex (+31-70) 340-3016		Authorized officer Luck, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No.
PCT/US 94/00285

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY., vol.6, no.1, January 1988, NEW YORK US pages 41 - 46 A. HIMENO ET AL. 'Loss Measurement and Analysis of High-Silica Reflection Bending Optical Waveguides' see the whole document ---	1,15
Y	APPLIED PHYSICS LETTERS., vol.61, no.4, 27 July 1992, NEW YORK US pages 495 - 497 R.D. MEADE ET AL. 'Existence of a photonic band gap in two dimensions' see the whole document ---	37,38, 45,46
A	WO,A,92 15124 (MIT) 3 September 1992 see page 1, line 30 - page 2, line 20 see page 5, line 6 - line 9 ---	37,38, 45,46
A	PHYSICAL REVIEW LETTERS., vol.67, no.17, 21 October 1991, NEW YORK US pages 2295 - 2298 E. YABLONOVITCH AND T.J. GMITTER 'Photonic Band Structure: The Face-Centered-Cubic Case Employing Nonspherical Atoms' see the whole document ---	40,48
A	JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY., vol.8, no.11, November 1990, NEW YORK US pages 1670 - 1674 M. MAJD 'Low-Loss Ti: LiNbO3-Waveguide Bends Prepared by MgO Indiffusion' see the whole document ---	41,50
A	APPLIED PHYSICS LETTERS., vol.54, no.2, 9 January 1989, NEW YORK US pages 87 - 89 H. TAKEUCHI AND O. KUNISHIGE 'Very low loss GaAs/AlGaAs miniature bending waveguide with curvature radii less than 1 mm' see the whole document ---	41,51
A	EP,A,0 349 038 (PHILIPS) 3 January 1990 see page 5, line 9 - line 16 ---	41,52
A	PHYSICS WORLD, August 1992, BRISTOL GB pages 37 - 42 P. ST. J. RUSSELL 'Photonic band gaps' see the whole article -----	37

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 94/00285

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9215124	03-09-92	US-A- 5187461	16-02-93
		AU-A- 1435192	15-09-92
EP-A-0349038	03-01-90	FR-A- 2633401	29-12-89
		JP-A- 2110405	23-04-90
		US-A- 4999686	12-03-91